

SOLUCIONES GLOBALES PARA VERTEDEROS LOCALES A TRAVÉS DEL APRENDIZAJE Y SERVICIO ESTUDIANTIL

**Dra. Violeta Lugo-Lugo^a, PhD Abraham David Benavides^b,
M. Ranulfo Gómez-Bravo^c, Dra. Ivonne Linares-Hernández^c,
Dra. Verónica Martínez-Miranda^c**

^a Universidad Tecnológica del Valle de Toluca (UTVT),
Carretera del Departamento del D.F. km 7.5, Santa María Atarasquillo,
C.P. 52050, Lerma, México.

^b University of North Texas, Department of Public Administration,
P.O. Box 310617, Denton, Texas 76203-0617.

^c Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA),
Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ingeniería,
Unidad San Cayetano, km.14.5 carretera. Toluca-Atlacomulco,
C.P 50200, Toluca, Estado de México, México.

violelugol@yahoo.es

Resumen

La generación de más de 3,5 millones de Ton/día de residuos sólidos urbanos convierte a esta problemática en un asunto prioritario a resolver. México, al ser el 9° país que más residuos produce (103 mil Ton/día) debe buscar soluciones al respecto, ya que tan solo en el Estado de México seis municipios concentran más del 50% de la generación de residuos debido a la gran concentración poblacional e industrial. El principal problema que el Estado de México enfrenta es que solo el 4,26% de los residuos reciclables son valorizados, por lo que una gran cantidad de toneladas de residuos deben disponerse y solo el 37% se conduce a rellenos sanitarios adecuados. El resto son colocados en espacios abiertos (comúnmente llamados vertederos o tiraderos) sin control operacional o de protección del medio ambiente y salud. Los lixiviados (efluentes líquidos percolados a través de residuos sólidos debido a agua de lluvia e hidrólisis de desechos), son otro grave problema que atañe a todos los sitios de disposición de residuos sólidos, ya que contienen grandes cantidades de materia orgánica, compuestos orgánicos organoclorados y fenólicos e incluso plaguicidas residuales y metales pesados. El presente trabajo financiado por el programa *100,000 Strong in the Americas Innovation Fund*, y ExxonMobil, tiene como finalidad promover la movilidad estudiantil entre la Universidad del Norte de Texas (Denton, Texas, EE.UU.), la Universidad Nacional de La Plata (Argentina) y la Universidad Autónoma del Estado México a través del Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA)-apoyado por la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca (UTVT) con la finalidad de generar iniciativas para encontrar soluciones globales y recomendar políticas públicas que aborden la contaminación medioambiental generada por los rellenos sanitarios y sus impactos en las comunidades locales. Las actividades de movilidad consistieron principalmente en visitas técnicas a rellenos sanitarios ubicados en los países participantes. En el valle de Toluca, se visitaron, un sitio controlado en el municipio de Atlacomulco, y un relleno sanitario en el municipio de San Antonio (VIGUE, Relleno Sanitario SA de CV.9, mientras que en el estado de

Texas se visitaron los rellenos sanitarios de Denton y Grand Prairie. El análisis de los resultados permitió identificar importantes diferencias en el manejo de los residuos, desde la forma de operar de ambas regiones visitadas: Texas (EUA) y Valle de Toluca, México hasta la comprensión de la importancia de las políticas públicas en el manejo de rellenos sanitarios. El enfoque de planeación de largo plazo en Texas y el predominantemente político y de corto plazo de la región de México, crean marcadas diferencias las cuales se exacerban por el contraste en las capacidades económicas, políticas y culturales entre ambas regiones. Sin embargo, en el Estado de México se han hecho esfuerzos para dirigirse hacia un enfoque de aprovechamiento económico y medioambiental para los RSU y sus subproductos.

Palabras Clave: Residuos Sólidos Urbanos * Políticas públicas * Lixiviados

1. Introducción

La disposición de residuos sólidos urbanos (RSU) es uno de los problemas ambientales más importantes de la época actual. Su generación a nivel mundial asciende a 3,5 millones de Ton/día y se espera que en tan solo una década ésta se eleve a más de 6 millones de Ton/día (Hoornweg et al., 2013:616). México es el noveno país con mayor generación de residuos sólidos alrededor del mundo (~103 mil Ton/día) (Waste Atlas, 2016; INEGI, 2014) y en el Estado de México. Solo seis municipios concentran el 50% de los RSU generados a nivel estatal (~13 mil Ton/día). Sin embargo, sólo 4,26% de los residuos reciclables son valorizados (INECC & SEMARNAT, 2012:35). Al comparar el porcentaje de reciclaje con otros países como Estados Unidos (47.15%) (U.S. EPA, 2015b) o Alemania (70%) (Eurostat, 2012), México tiene aún un largo camino que recorrer.

Del 95,74% de los RSU restantes que el Estado de México debe gestionar, solo el 37% se dispone en rellenos sanitarios adecuados (SMA-EDOMEX, 2008:33), situación preocupante ya que una gran cantidad de residuos son colocados en espacios abiertos (comúnmente llamados vertederos o tiraderos) sin medidas de control operacional o de protección del medio ambiente y salud de las poblaciones circundantes (Mavropoulos y Newman, 2015:10).

Los lixiviados, uno de los principales subproductos tanto en rellenos sanitarios como en los demás sitios de disposición en espacios abiertos, son efluentes líquidos que se percolan a través de los residuos sólidos depositados debido a la infiltración de agua de lluvia e hidrólisis de desechos, provenientes de los residuos y emanados por el relleno o vertedero (Sanjay et al., 2013:365). Estos contienen grandes cantidades de materia orgánica (sustancias húmicas y especies nitrogenadas), compuestos orgánicos organoclorados y fenólicos e incluso plaguicidas residuales y metales pesados.

El incremento de la población y el crecimiento consecuente de la cantidad de RSU enviados a rellenos sanitarios así como la cantidad existente de vertederos irregulares en operación genera un riesgo potencial por los lixiviados generados y que se pueden infiltrar en el subsuelo afectando a los mantos freáticos de donde se extrae agua para uso y consumo humano.

El presente trabajo tiene su origen en el programa *100,000 Strong in the Americas Innovation Fund*, subvencionado por ExxonMobil, el cual aprobó el proyecto denominado “Bridging the Americas: Promoting Global Solutions for Local Landfill Problems through Student Service and Learning” que promueve la movilidad estudiantil entre la Universidad del Norte de Texas (Denton, Texas, EE.UU.), la Universidad Nacional de La Plata (Argentina) y la Universidad Autónoma del Estado México a través del Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA)-Universidad Tecnológica del Valle de Toluca (UTVT) con la finalidad de generar iniciativas para encontrar soluciones globales y recomendar políticas públicas que aborden la contaminación medioambiental generada por los rellenos sanitarios y sus impactos en las comunidades locales.

2. Metodología

El centro de Captación de RSU en estudio se ubica en el municipio de Atlacomulco, Estado de México. Cuenta con un sitio controlado o vertedero sin clasificación de residuos (edad 8 años), y genera lixiviados contenidos en una pequeña represa sin tratamientos. Recientemente en este lugar inició operaciones el Centro de Tratamiento Integral de Residuos Sólidos Urbanos utilizando los principios de construcción y operación de los rellenos sanitarios orgánicos para la generación de biogás, electricidad, fertilizantes orgánicos y un invernadero para el aprovechamiento del dióxido de carbono. También se construyó una macrocelda que cuenta con geomembrana, donde se depositarán los RSU inorgánicos clasificados y con la opción de que los lixiviados sean incorporados en el tratamiento de residuos orgánicos (Ayuntamiento de Atlacomulco, 2015 y Asociación Mexicana de Biomasa y Biogás, A.C., 2015).

Las actividades de movilidad consistieron en realizar visitas técnicas a rellenos sanitarios ubicados en los tres países participantes. En este trabajo se reportan las actividades realizadas en México y Texas.

A. Visita delegación de UNT a México

- a. Conferencias sobre la situación actual de los sitios de disposición de RSU visitados, y sobre los métodos de tratamiento de lixiviados desarrollados en el CIRA.
- b. Visitas a vertederos y rellenos sanitarios: municipio de Atlacomulco y municipio de San Antonio (VIGUE, Relleno Sanitario SA de CV.)
- c. Pruebas de tratabilidad de lixiviados mediante un sistema acoplado fisicoquímico-oxidación avanzada.

B. Visita delegación de UAEMex-UTVT a UNT

- a. Conferencias sobre el gobierno local en los EE.UU, calidad ambiental y situación de rellenos sanitarios en Texas.
- b. Visitas a los rellenos sanitarios de Denton y Grand Prairie en Texas.
- c. Visitas a las plantas de tratamiento de agua potable y de tratamiento de aguas residuales, ciudad de Denton.
- d. Asistencia a congreso Texas Water 2016, ciudad de Fort Worth Convention Center.

3. Resultados y discusión

3.1. Situación general: manejo de vertederos de RSU en el Estado de México y en Denton Texas.

El manejo de los RSU como una problemática global ha sido analizado en este proyecto. Tal y como se muestra en la Tabla I, los sitios de disposición de RSU visitados en el Valle de Toluca (Atlacomulco y San Antonio La Isla) ofrecen un panorama con limitaciones económicas, aunque con un enfoque innovador al comenzar a ver los RSU como un recurso valorizable. Esto derivó en una importante inversión para la construcción de un biodigestor acoplado a un generador de energía eléctrica en Atlacomulco, a fin de aprovechar los gases generados en el vertedero, así como los que se producirán del aprovechamiento de los residuos orgánicos que ahí se disponen. Además de la construcción de su primer “macrocelda” equipada con una geomembrana para contener los lixiviados y, por otro lado, la importante inversión en maquinaria y equipo por una empresa que opera con un relleno sanitario regional en el municipio de San Antonio La Isla, que identifica claramente la oportunidad de un negocio prácticamente sin competencia en el país.

Sin embargo, en ambos casos existen problemas potenciales por los lixiviados en operaciones previas en donde faltan prácticas de diseño, construcción, operativas y de monitoreo recomendadas por la legislación vigente (NOM-083-SEMARNAT-2003). Cabe destacar que en ambos vertederos no se detectó el monitoreo de los acuíferos.

Por otro lado, se observó durante las visitas a los rellenos sanitarios de RSU en Texas que prevalece la organización de todas las operaciones, incluso desde la recolección de RSU, el alto nivel académico de sus administradores, el uso de tecnología de punta en las operaciones, la administración y el monitoreo; el énfasis en el cumplimiento a las normas y la transparencia; su enfoque al ciudadano y al cuidado de su salud; la planeación financiera de largo plazo para la realización de proyectos futuros, así como la vinculación que mantienen con investigadores y alumnos del posgrado de la UNT a través de proyectos de investigación en esos vertederos (Tabla I).

Por otra parte se presentan algunas diferencias generales entre la estructura de gobierno municipal para el Valle de Toluca y el estado de Texas que permiten explicar parte de las divergencias en las condiciones de los sitios de disposición de RSU en ambas regiones visitadas, sin dejar de considerar la capacidad económica de los EE.UU. respecto a México.

Tabla 1.- Características generales entre dos sitios de disposición de RSU en el Valle de Toluca, Estado de México y dos rellenos sanitarios en el Estado de Texas, EE.UU.

Estado de México, México			Texas, EE.UU.	
Vertedero	Atlacomulco	San Antonio La Isla	Denton	Grand Prairie
Población que atiende	76.000 hab. (2005)	22.000 hab. (2010) + otros municipios.	123.000 (2013)	183.000 (2013)
Ingreso de RSU	70 Ton /día	143 Ton/día	800 – 1000 Ton/día	700 Ton/día
Costo del servicio de recolección	Servicio público.	170 MXP/Ton (approx. 9.7 USD/ton)	42 USD/Ton	32 USD/Ton
Administración del vertedero	Gobierno municipal	Inversión Privada	Gobierno Municipal	Gobierno Municipal
Nivel de inversión	Medio	Alto	Muy alto	Muy alto
Supervisión de cumplimiento	SEMARNAT	SEMARNAT	EPA	EPA
Uso de geomembrana	Próximo a iniciar con Nueva Macrocelda	A partir de su administración privada.	Si	Si
Manejo de lixiviados y monitoreo de calidad	Captura en laguna y evaporación, sin monitoreo	Recirculación sin monitoreo En plan, envío a planta de tratamiento de aguas residuales	Recirculación y monitoreo	Enviados a planta de tratamiento de aguas, monitoreo continuo
Monitoreo de agua subterránea	No	No	Si	Si Reportes enviados a TCEQ
Generación de energía	Actual vertedero sin ductos para captura de metano Biodigestor de residuos orgánicos en pruebas.	Quema de metano sin recuperación de energía	1.6 MW de electricidad (1300 casas) 3x10 ⁶ gal/año de biodiesel	Envían gas metano a generador de energía eléctrica
Separación de residuos	En pruebas de separación, orgánico de inorgánico	Sin separación	Separan papel, plástico, metales, residuos verdes, material de construcción	Separan residuos verdes, metales y electrónicos
Formación, valores, actitudes	Básica. Gran compromiso y nivel de esfuerzo ante limitación de recursos	Licenciatura. Enfoque de negocio.	Posgrado. Alto nivel Compromiso ante la ciudadanía y su salud	Posgrado. Alto nivel Compromiso ante la ciudadanía y su salud

En el sistema de gobierno de Texas, EE.UU., las funciones de los encargados de la administración de los servicios municipales son de largo plazo permitiéndose llevar a cabo proyectos para mejoras de los servicios a la comunidad, incluyendo el manejo de los RSU, desde su recolección hasta su aprovechamiento y disposición. En México, en contraste, los planes y proyectos son modificados y llevados a cabo durante el periodo de gobierno en turno, escasa transparencia, puesto que los directores de área, responsables de las tomas de decisiones de las mismas, son designados por el presidente municipal en turno, generalmente más por motivos políticos antes que por experiencia o nivel académico en las áreas de su competencia.

Sistema de Gobierno Municipal		
	Texas, EE.UU.	Estado de México, México
Los ciudadanos	Los votantes encabezan el organigrama (real)	Los votantes encabezan el organigrama (teórico)
El alcalde (mayor) o presidente municipal	Puesto de elección Le reportan el administrador de la ciudad y el abogado general	Puesto de elección Le reportan todas las funciones operativas, legales y de seguridad
El administrador de la ciudad (City manager)	Puesto de carrera y elegido por méritos	Posición inexistente
Funciones operativas y de seguridad	Puestos de carrera, elegidos por méritos.	Posiciones designadas por el presidente municipal en turno.
Planes de largo plazo	Monitoreo continuo y creación de reservas financieras para proyectos de largo plazo	Planes de 3 años, dentro del periodo de la administración en turno

Tabla 6. Diferencias generales entre los sistemas de administración y de gobierno de los estados de Texas, EE.UU. y del Estado de México, México, que inciden en el manejo municipal de los RSU.

Las diferencias aquí señaladas entre ambos sistemas de administración en la operación de los servicios públicos y de gobierno, permiten establecer criterios de referencia para la mejora en el manejo integral de los RSU en el Estado de México, así como el impulso a la generación de políticas públicas que expandan estos beneficios.

Conclusiones

La oportunidad de movilidad entre profesores y alumnos de la UAEM, la UTVT y la UNT permitió identificar importantes diferencias en el manejo de los RSU, desde la forma de operar de ambas regiones visitadas: Texas (EUA) y Valle de Toluca, México hasta la comprensión de la importancia de las políticas públicas en el manejo de RSU. El enfoque a sistemas y con factibilidad para la

planeación de largo plazo en el entorno de Texas y el predominantemente político y de corto plazo de la región de México, crea marcadas diferencias las cuales se exacerban por el contraste en las capacidades económicas, políticas y culturales entre ambas regiones. Sin embargo, el cambio del enfoque tradicional para el manejo de los RSU por un esquema de aprovechamiento económico y medioambiental para los RSU y sus subproductos lo avalan el proyecto de Atlacomulco en el Valle de Toluca y el relleno sanitario de Denton en Texas.

Bibliografía

- Eurostat. Waste Statistics- Municipal Waste-Explanatory texts http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_generated_by_country. 2012
- Hoorweg, D., Bhada-Tata, P., & Kennedy, C. Waste production must peak this century. *Nature*, 2013; 502: 615-17.
- INEGI. Residuos Sólidos Urbanos. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2014. Tabulados básicos, 2014.
- <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=21385>.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, INECC-SEMARNAT Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. 2012.
- Mavropoulos A. y Newman D. Wasted Health: The Tragic Case of Dumpsites. International Solid Waste Association (ISWA), Vienna, 2015.
- Sanjay M, Amit D, Mukherjee SN. Applications of adsorption process for treatment of landfill leachate. *Journal of Environmental Research and Development*, 2013; 8: 365.
- Secretaría de Medio Ambiente, Gobierno del estado de México (SMA-EDOMEX). Diagnóstico Ambiental de las 16 regiones del estado de México, 2008.
- SEMARNAT Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de RSU y de ME. México: SEMARNAT, 2004.
- U.S. EPA. Municipal solid waste generation, recycling, and disposal in the United States: Facts and figures, 2015b.
- Waste atlas D-waste, waste management for everyone <http://www.d-waste.com/>, 2016.